

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

大学院 情報システム学研究科 博士前期課程 情報ネットワーク学 専攻		
氏 名	堂嶋 隆幸	学籍番号 0551030
論 文 題 目	量子 i. i. d. 状態に関する仮説検定の漸近特性について	
<p>要 旨</p> <p>量子情報理論は、従来の力学では説明できない非常にミクロな系に適用される量子力学と現在の情報通信の数学的理論である情報理論の融合された分野であり、物理学や情報科学など様々な分野をバックグラウンドに持った研究者が集結し、急速に進展した分野である。それに対し、従来の情報理論は古典情報理論と呼ばれる。古典情報理論で考えられている様々な問題が量子系へ拡張されている。そのような問題の中で最も基本的であり、かつ重要な分野の一つとして仮説検定がある。本研究では、量子仮説検定を扱う。</p> <p>仮説検定の漸近特性としては、データ数を大きくしていったときに、第一種・第二種の誤り確率がどれだけ速く0に近づくかという速度が重要である。この速度を誤りレートと呼ぶ。この誤りレートに関する定理として、古典仮説検定ではSteinの補題やHoeffdingの定理などの重要な結果があるが、完全な形で量子への拡張がなされているのはSteinの補題だけであり、Hoeffdingの定理については部分的な結果として得られていなかった。ただし、量子系の場合にはデータ数の代わりに同一の要素系の個数 n を大きくしていったときの極限を考える。Hoeffdingの定理の量子系への拡張は永年にわたる未解決問題であり、定理の形についても確固たる理論的予想は得られてなかった。予想を定めることが難しかった理由の一つは、この問題を数値的に検証することがきわめて困難であると考えられていたからである。実際、誤りレートの収束の様子を見るためには、かなり大きな n に対し、n の指数オーダーのサイズを持つ行列の固有値分解を求める必要があり、通常の方法ではほぼ不可能である。こうした状況のもとで、新しい高速計算法を用いることにより、誤りレートに関して想定し得るいくつかの予想を数値的に検証することを目的として本研究は開始された。ところが、2006年の1年間に量子仮説検定に関する理論が急速に進展し、同年11月にはついにHoeffdingの定理の量子系への拡張が果たされた（林、長岡）。したがって、予想の検証としての研究上の意義は失われたが、従来不可能と考えられてきた量子系の漸近的性質に関する数値計算によるアプローチの有効性を示すことには大きな意義があると考えられる。</p> <p>本研究では、要素系が量子ビット系の場合について、既約分解という数学上の知見を利用した高速計算法を用いた。この計算法は長岡によって考案され、柿崎（昨年の修士論文）によって $n=100$ 程度の実装が成された。今回は柿崎のプログラムにエルミート性を考慮した拡張をおこない、かつ、現在得ることが出来る最高レベルの計算機環境の下で計算したことで、$n=600$ までの実験を行い、誤りレートが理論値に収束していく様子を観察することができた。なおプログラムの並列化及びスーパーコンピュータなどについて、並列処理学講座助手の片桐孝洋先生に多大なるご協力を頂いたことを感謝とともに付記しておく。</p>		